

№7

1. Определить давление P газа, содержащего $N = 10^9$ молекул и имеющего объём $V = 1 \text{ см}^3$, при температуре 1000 К .

Ответ: $1,38 \cdot 10^{-5} \text{ Па}$

2. Какая работа совершается при изотермическом расширении водорода массой $m = 20 \text{ г}$, взятого при температуре $T = 300 \text{ К}$, если давление газа при этом падает в $e = 2,72$ раз? Ответ: $24,93 \cdot 10^3 \text{ Дж}$

3. Определить работу, которую совершит азот ($M_{N_2} = 28 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$), если ему при постоянном давлении сообщить количество теплоты $Q = 35 \text{ кДж}$.

Ответ: $1 \cdot 10^4 \text{ Дж}$

4. В баллоне объёмом 10 л находится гелий с молярной массой $\mu = 4 \text{ г/моль}$ под давлением $P_1 = 1 \text{ МПа}$ и при температуре $T_1 = 300 \text{ К}$. После того, как из баллона было взято $m = 10 \text{ г}$ гелия, температура в баллоне понизилась до $T_2 = 290 \text{ К}$. Определить давление P_2 гелия, оставшегося в баллоне.

Ответ: $0,36 \text{ МПа}$

5. Некоторую массу углекислого газа сжали в $e = 2,718$ раз (по объёму). Один раз - изобарически, другой раз - изотермически. Начальное состояние газа в обоих случаях одинаково. Найти отношение соответствующих работ (A_p/A_T), затраченных на сжатие.

Ответ: $0,63$

6. Цикл с идеальным газом состоит из двух изобар и двух изохор. При изобарическом процессе объём изменяется в 2 раза, а при изохорических процессах давление меняется в 4 раза. В начальном состоянии газ имел объём $V_1 = 1 \text{ м}^3$ при давлении $P_1 = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Найти работу, совершаемую газом за один цикл.

Ответ: $0,6 \text{ МДж}$

7. Найти работу, совершаемую идеальным газом за один цикл. Цикл состоит из двух изобар и двух изохор. При изобарических процессах объём изменяется в 3 раза, а при изохорических процессах давление меняется в 2 раза. В начальном состоянии давление газа равно $P_1 = 10^5 \text{ Па}$, объём газа $V_1 = 2 \text{ м}^3$.

Ответ: $0,4 \text{ МДж}$

8. Кислород массой 2 кг отдал 300 Дж теплоты при температуре 300 К . Найти изменение энтропии.

Ответ: -1 Дж/К

9. Определить изменение энтропии при изотермическом расширении 10 г кислорода от объёма $V_1 = 25 \text{ л}$ до объёма $V_2 = 100 \text{ л}$. ($\mu = 32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$, $R = 8,3 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}$, $\ln 2 = 0,69$).

Ответ: $3,6 \text{ Дж/К}$

10. Определить изменение энтропии при изобарическом нагревании 10 г кислорода от 27°С до 327°С .

Ответ: $6,29 \text{ Дж/К}$

11. Определить изменение энтропии при изохорическом охлаждении 2 киломолей кислорода от температуры 550 К до 275 К . ($\mu = 32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$, $R = 8,3 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}$, $\ln 2 = 0,69$).

Ответ: -28765 Дж/К

12. Теплоемкость термодинамической системы с ростом температуры изменяется по закону $C = aT^4$, где $a \in 4 \cdot 10^5 \text{ Дж / } ^\circ\text{K}^5$. Найти изменение энтропии этой системы при нагревании от $T_1 = 100 \text{ К}$ до $T_2 = 200 \text{ К}$.

Ответ: 150 Дж/К

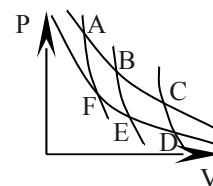
13. Водород массой 100 г был изобарически нагрет так, что его объем увеличился в 3 раза, а затем изохорически охлажден так, что его давление уменьшилось в 3 раза. Найти изменение энтропии. ($\mu = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$, $R = 8,3 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}$, $\ln 3 = 1,1$).

Ответ: 457 Дж/К

14. Энтропия некоторой термодинамической системы изменяется при изохорическом процессе по закону $S = aT^3$, где $a = 4 \cdot 10^4 \text{ Дж/К}^4$. Определить изменение внутренней энергии системы при нагревании от $T_1 = 100 \text{ К}$ до $T_2 = 200 \text{ К}$.

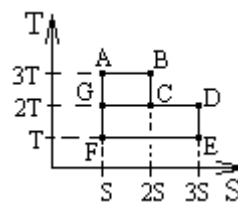
Ответ: 450 Дж

15. На рисунке изображены изотермы и адиабаты для одной и той же порции газа. Сравнить к.п.д. трех циклов: 1- $ABEFA$, 2- $BCDEB$, 3- $ACDFA$, считая, что площадь второго цикла вдвое больше площади первого цикла:



Ответ: $\eta_1 = \eta_2 = \eta_3$

16. Найти соотношение между к.п.д. двух циклов, изображенных на рисунке (η_1 - соответствует циклу $ABCGA$, η_2 - соответствует циклу $GDEFG$).



Ответ: $1,5\eta_1 = \eta_2$

17. Тепловая машина с идеальным газом работает по циклу Карно, Работа изотермического расширения газа $A_1 = 5 \text{ Дж}$, Определить работу, которую совершают над газом в процессе изотермического сжатия, если к.п.д. машины $0,2$.

Ответ: 4 Дж

18. Температуру 8 молей кислорода повышают на $\Delta T = 50 \text{ К}$ первый раз при изохорическом процессе, а другой раз изобарически. Определить приращение внутренней энергии в каждом процессе. $R = 8,31 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}$

Ответ: $8,31 \text{ кДж}; 8,31 \text{ кДж}$

19. Газ расширяется от объема $V_1 = 2,3 \text{ м}^3$ до объема V_2 и толкает перед собой поршень радиусом $R = 10 \text{ см}$. В процессе расширения поршень перемещается на расстояние $l = 9 \text{ м}$. Какую работу (Дж) совершает газ, если его давление изменяется по закону $p = (aV^4 - b)V^2 \text{ Па}$. Здесь $a = 2,3$ и $b = 5$.

Ответ: $131,574$

20. Для двухатомного газа разность удельных теплоемкостей ($c_p - c_v$) равна $260 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$. Найти массу киломоля газа и удельные теплоемкости c_p и c_v .

Ответ: 32 кг/моль $c_v = 650 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$ $c_p = 910 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$

21. Какое количество тепла требуется для нагревания 8 г . Водорода на 100 градусов при постоянном давлении? Как изменится внутренняя энергия газа? Какую работу совершит газ?

Ответ: $\Delta Q = 11,6 \text{ кДж}; \Delta U = 8,3 \text{ кДж}$ $\Delta A = 9,3 \text{ кДж}$

22. Чему равна внутренняя энергия трехатомного газа, заключенного в сосуде объемом 12 л под давлением 4 атм.? Считать, что молекулы совершают все виды молекулярного движения.

Ответ: $U = 29 \text{ КДж}$

23. Определить удельные теплоемкости при постоянном объеме и постоянном давлении смеси из 2 г гелия, 8 г кислорода и 7 г азота

Ответ: $c_v = 980 \text{ Дж/кг К}$; $c_p = 1500 \text{ Дж/кг К}$

24. Кислород при расширении совершил работу 20 Дж. Какое кол-во тепла было сообщено газу, если процесс был: а) изотермическим б) изобарическим в) адиабатическим.

Ответ: а) 20 Дж б) 70 Дж в) 0

25. Кислород находится при температуре 27°С и давлении 1 атм. Газ адиабатически сжимается и его давление становится равным 2 атм. Какова будет температура газа после сжатия и во сколько раз изменится объем газа?

Ответ: $T_2 = 366 \text{ К}$; в 1.6 раза

26. Во сколько раз изменится плотность азота, если при адиабатическом процессе давление газа изменится от 10^5 н/м^2 до $0,5 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$?

Ответ: в 1.6 раза

27. В политропическом процессе давление идеального одноатомного газа изменяется пропорционально T^2 . Найти молекулярную теплоемкость газа при этом процессе.

Ответ: $c = R/2$

28. Объем некоторой массы азота увеличивается в 10 раз. Во сколько раз отличается работа газа для двух случаев, если расширение происходит в первом случае адиабатически, а во втором – изотермически, а начальные параметры одинаковы.

Ответ: $A_1 = 0.65 A_2$

29. Тепловая машина работает от нагревателя, абсолютная температура которого в n раз больше абсолютной температуры холодильника. Какая доля тепла, получаемого от нагревателя, идет на полезную работу?

Ответ: $k \leq (n-1)/n$

30. КПД тепловой машины, работающей по циклу Карно 30%. Во сколько раз повысится КПД машины, если увеличить абсолютную температуру нагревателя в 2 раза?

Ответ: в 2.16 раза

31. Тепловая машина работает по циклу, состоящему из двух изотерм и двух изохор. Найти КПД цикла, если отношение наибольшего и наименьшего объема вещества равно 3, а $c_p/c_v = 1.4$.

Ответ: $\mu = 35,3\%$

32. 8 г кислорода нагревается при постоянном давлении 1 атм., в результате чего объем увеличивается с 4 л до 8 л. Найти затраченное количество тепла и изменение энтропии.

Ответ: $Q = 1.4 \cdot 10^3 \text{ Дж}$; $\Delta S = 5 \text{ Дж/К}$; $\Delta A = 9,3 \text{ КДж}$

33. Газ, занимающий при давлении 3 атм. объем 10 л, изотермически сжимают до объема 1 л, причем энтропия газа уменьшается на $38,2 \text{ Дж/К}$. Какую работу совершают внешние силы и при какой температуре происходит процесс?

Ответ: $\Delta A = 6.9 \cdot 10^3 \text{ Дж}$; $T = 180 \text{ К}$

34. 40 г гелия нагревается от -20°С до $+20^\circ \text{С}$ при постоянном объеме. Найти получаемое тепло и изменение энтропии.

Ответ: $\Delta Q = 5 \cdot 10^3 \text{ Дж}$; $\Delta S = 18 \text{ Дж/К}$

35. 100 г льда нагревают при постоянном давлении от -10°C до 0°C и после плавления до 80°C . Найти изменение энтропии.

Ответ: $\Delta S = 238 \text{ Дж/К}$

36. При изобарном процессе 64 г кислорода совершают работу 3,32 КДж, и энтропия газа увеличивается на 29,6 Дж/К. Найти начальную и конечную температуру газа.

Ответ: $T_1 = 300\text{К}$; $T_2 = 500\text{К}$

37. В калориметр налито 500 г воды, имеющей температуру 10°C . В тот же калориметр добавляют 150 г воды с температурой 20°C и температура смеси становится равной 12°C . Найти изменение энтропии.

Ответ: $\Delta S = 0,25 \text{ Дж/К}$

38. Один моль одноатомного идеального газа ($\gamma = 5/3$) совершает в тепловой машине цикл Карно между тепловыми резервуарами с температурами $t_1 = 127^\circ\text{C}$ и $t_2 = 27^\circ\text{C}$. Наименьший объем газа в ходе цикла $V_1 = 5 \text{ л}$, наибольший $V_2 = 20 \text{ л}$. Какую работу A совершает эта машина за один цикл? Сколько тепла Q_1 берет она от высокотемпературного резервуара за один цикл? Сколько тепла Q_2 поступает за цикл в низкотемпературный резервуар?

Ответ: $Q_1 = 3110 \text{ Дж}$; $Q_2 = 2330 \text{ Дж}$; $A = 780 \text{ Дж}$

39. Тепловая машина Карно используется в качестве холодильной машины для поддержания некоторого резервуара при температуре $t_2 = -3^\circ\text{C}$. Температура окружающего воздуха $t_1 = 27^\circ\text{C}$. Какая механическая работа требуется для выполнения одного цикла машины, если при этом от оболочки отводится $Q_2 = 900 \text{ кал}$ тепла?

Ответ: 418 Дж

40. На рис. изображена диаграмма обратимого цикла, выполняемого 1 молем идеального газа в некоторой тепловой машине. Найти работы A_{ik} , выполняемые машиной, и количества тепла Q_{ik} , получаемые газом на каждом этапе цикла. Найти КПД цикла, выразив его как функции T_1 и T_2 . Процесс 3—1 изотермический.

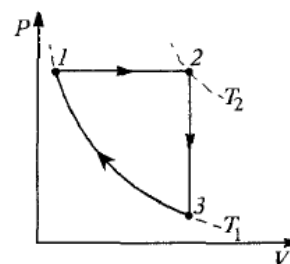


Рис. 325

41. Тепловая машина с идеальным газом в качестве рабочего вещества совершает обратимый цикл, состоящий изохоры 1—2, адиабаты 2—3 и изотермы 3—1 (рис.). Рассчитать количества тепла, получаемые рабочим веществом на каждом этапе цикла. Найти КПД машины как функцию максимальной T_2 и минимальной T_1 , температур, достигаемых газом в этом цикле.

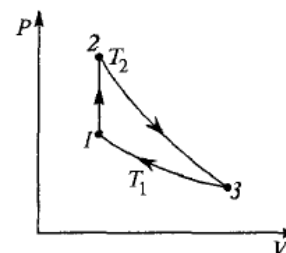


Рис. 326

из

42. Найти КПД обратимого цикла, изображенного на рис., как функцию максимальной T_1 и минимальной T_2 температур вещества в этом цикле. Цикл совершает машина с идеальным газом в качестве рабочего тела. Найти также количества тепла, получаемые рабочим веществом на каждом этапе цикла.

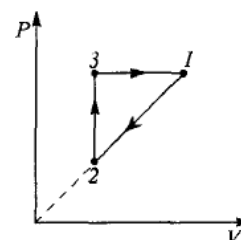


Рис. 327

43. Найти КПД обратимого теплового цикла Отто, состоящего из адиабат $1-2$, $3-4$ и изохор $2-3$, $4-1$ (рис.), если в качестве рабочего тела используется идеальный газ. Выразить КПД цикла через температуры газа T_1 и T_2 в состояниях 1 и 2.

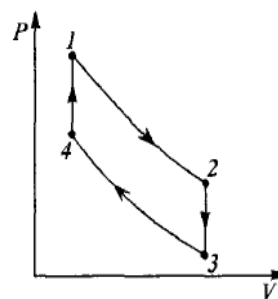


Рис. 328

44. Определить КПД цикла, проходящего последовательно через состояния:
1) $2P, V$; 2) $2P, 8V$; 3) $P, 4V$; 4) $P, 2V$. Газ идеальный одноатомный, все участки цикла политропические.

Ответ: $\eta \approx 13\%$

45. Определить КПД цикла, проходящего последовательно через состояния:
1) $8P, V$; 2) $4P, 2V$; 3) $2P, 2V$; 4) P, V . Газ идеальный одноатомный, все участки цикла политропические.

Ответ: $\eta \approx 25\%$

46. Вычислить КПД цикла, состоящего из политропы $1-2$ ($P \propto V$), адиабаты $2-3$ и изобары $3-1$, если в качестве рабочего вещества используется одноатомный идеальный газ, а отношение максимального давления в цикле к минимальному $P_2/P_1 = 2$ (рис.).

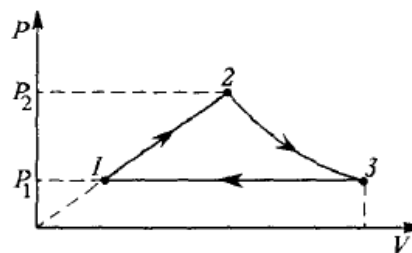


Рис. 330

47. Найти КПД цикла (рис.), состоящего из политропы $1-2$, изотермы $2-3$ и изохоры $3-1$. Отношение давлений $P_1/P_2=8$, а отношение объемов $V_2/V_1 = 2$. Рабочим веществом является идеальный одноатомный газ.

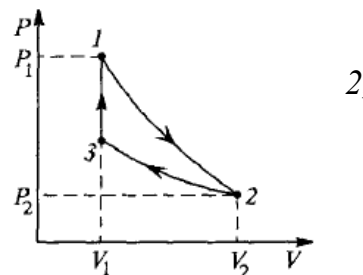


Рис. 331

Ответ: $\eta \approx 18\%$

48. Масса $m = 1$ кг воздуха, находящегося при давлении $p_1=150$ кПа и температуре $t_1=30^\circ\text{C}$, расширяется адиабатически и давление при этом падает до $p_2 = 100$ кПа. Во сколько раз увеличился объем воздуха? Найти конечную температуру t_2 , и работу A , совершенную газом при расширении.

Ответ: 24 кДж

49. В цилиндрах карбюраторного двигателя внутреннего сгорания газ сжимается политропически до $V_2=V_1/6$. Начальное давление $p_1=90$ кПа, начальная температура $t_1=127^\circ\text{C}$. Найти давление p_2 и температуру t_2 газа в цилиндрах после сжатия. Показатель политропы $n = 1,3$.

Ответ: 934 кПа; 684,7 К

50. Найти изменение ΔS энтропии при превращении массы $m = 10\text{г}$ льда ($t = -20^\circ\text{C}$) в пар ($t_{\text{п}} = 100^\circ\text{C}$).

Ответ: 88 Дж/К